

PROCEEDINGS OF THE FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON
UNSATURATED SOILS/UNSAT'95/PARIS/France/6-8 SEPTEMBER 1995

Unsaturated Soils

Sols Non Saturés

Editors / Rédacteurs

E.E.ALONSO

Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain

P.DELAGE

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, France

VOLUME 1



A.A. BALKEMA/ROTTERDAM/BROOKFIELD/1995

Presses de l'école nationale des
Ponts et chaussées

PRESSES DE L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES
PARIS/1995



Table of contents

Table des Matières

Preface	XIII
Préface	XV
Organization	XVII
Organisation	
1 <i>Fundamentals</i>	
<i>Aspects fondamentaux</i>	
Macroscopic behavior and microstructural properties of a kaolinite clay under controlled mechanical and hydraulic state	3
Comportement macroscopique et propriétés microstructurales d'une kaolinite soumise à des contraintes mécaniques et hydriques contrôlées	
<i>M.Al-Mukhtar</i>	
Experimental behaviour of highly expansive double-structure clay	11
Comportement expérimental d'une argile à double structure fortement expansive	
<i>E.E.Alonso, D.Q.Yang, A.Lloret & A.Gens</i>	
Study of a collapsible porous soil of Brazil	17
Etude d'un sol effondrable poreux du Brésil	
<i>M.S.Araki & J.Camapum de Carvalho</i>	
Quantitative analysis of the microstructural changes of remoulded clayey soil in the process of compaction	23
Analyse quantitative des changements microstructuraux d'un sol argileux remanié dans le processus de compactage	
<i>Shi Bin</i>	
Direct shear testing on an unsaturated soil from Rio de Janeiro	31
Essais de cisaillement direct sur un sol non saturé de Rio de Janeiro	
<i>T.M.P.de Campos & C.W.Carrillo</i>	

Chemical, mineralogical, and compressibility characteristics of a collapsible lateritic soil from Minas Gerais, Brazil Propriétés chimiques, minéralogiques et compressibilité d'un sol latéritique effondrable du Minas Gerais (Brésil) <i>T.Cássia de Brito Galvão, V.P.Drnevich & D.G.Schulze</i>	39
The shear strength of unsaturated tailings sand La résistance au cisaillement d'un sable de résidus non saturés <i>E.E.Drumright & J.D.Nelson</i>	45
Tensile strength of compacted clays La résistance à la traction d'argiles compactées <i>M.Favaretti</i>	51
Experimental aspects and modelling of the behaviour of soils with a negative pressure Aspects expérimentaux et modélisation du comportement des sols à pression négative <i>J.M.Fleureau, S.Kheirbek-Saoud & S.Taibi</i>	57
Predicting the shear strength function for unsaturated soils using the soil-water characteristic curve Prédiction de la résistance au cisaillement d'un sol non saturé en utilisant la courbe de rétention d'eau <i>D.G.Fredlund, S.K.Vanapalli, A.Xing & D.E.Pufahl</i>	63
Shear strength behavior of two saprolitic soils Résistance au cisaillement de deux sols saprolitiques <i>J.K-M.Gan & D.G.Fredlund</i>	71
Stress-path testing of expansive compacted soils Essais à chemin de contrainte imposé pour deux sols compactés gonflants <i>W.Y.Y.Gehling, E.E.Alonso & A.Gens</i>	77
Effect of structure on the volumetric behaviour of a compacted soil Effet de la structure sur le comportement volumique d'un sol compacté <i>A.Gens, E.E.Alonso, J.Suriol & A.Lloret</i>	83
Strength and stiffness of unsaturated sand-bentonite 'buffer' Résistance et raideur d'un mélange sable-bentonite non saturé <i>J.Graham, B.Wiebe, X.Tang & C.Onofrei</i>	89
Lateral pressure of unsaturated expansive clay in looped stress path Pression latérale d'une argile gonflante non saturée lors d'un chemin de contraintes fermé <i>S.Abo El-Ala Habib</i>	95
Suction controlled one dimensional swelling and consolidation behaviour of expansive soil Gonflement unidimensionnel à succion contrôlée et consolidation d'un sol gonflant <i>S.A.Habib, T.Kato & D.Karube</i>	101
Triaxial compression and shear tests on partly saturated soils Essais de compression triaxiale et de cisaillement sur des sols partiellement saturés <i>R.N.Herkal, A.Vatsala & B.R.Srinivasa Murthy</i>	109

Determination of the volume change moduli and respective inter-relationships for two unsaturated soils Détermination des modules de variations volumiques de deux sols non saturés, et de leur interrelations mutuelles <i>D.Y.F.Ho & D.G.Fredlund</i>	117
Stress induced changes of hydraulic properties in soils Variations des propriétés hydrauliques d'un sol dues à un chargement <i>R.Horn, T.Baumgartl, W.Gräsle & B.G.Richards</i>	123
Microstructure influence on properties of gypsiferous soils Influence de la microstructure sur les propriétés de sols gypseux <i>Z.V.Kulikova</i>	129
Influence de la succion sur le comportement mécanique d'un limon sableux Influence of suction on the mechanical behavior of a sandy silt <i>L.Laloui, L.Vulliet & G.Gruaz</i>	133
Compressibility and collapsibility of compacted unsaturated loessial soils Compressibilité et susceptibilité à l'effondrement de sols loessiques non saturés et compactés <i>Z.M.Li</i>	139
Uniaxial tension, biaxial loading and wetting tests on loess Essais de traction uniaxiale, de chargement biaxial et de mouillage sur des loess <i>W.A.Mikulitsch & G.Gudehus</i>	145
A rational approach to the determination of the shear strength parameters of unsaturated soils Une approche rationnelle pour la détermination de la résistance au cisaillement des sols non saturés <i>A-L.Öberg & G.Sällfors</i>	151
Essais de laboratoire pour les sols compactés Laboratory tests for compacted soils <i>M.Olivier & A.Mesbah</i>	159
Shear strength, volume change and permeability characteristics of a compacted residual soil Caractéristiques de résistance au cisaillement, de variation de volume et de perméabilité d'un sol résiduel compacté <i>S.P.Parashar, K.S.Wong, V.Choa & H.Rahardjo</i>	165
The influence of soil suction on the resilient modulus of expansive soil subgrades Influence de la succion sur le module résilient de sous-couches en sol gonflant <i>A.W.Phillip & D.A.Cameron</i>	171
Pore pressure and volume change behaviour during undrained and drained loadings of an unsaturated soil Mesure de la pression interstitielle et de la variation de volume d'un sol non saturé durant un chargement drainé et non drainé <i>H.Rahardjo & D.G.Fredlund</i>	177

Influence of initial suction on volumetric variations of a special shale: 'Schistes carton'	183
Influence de la succion initiale sur l'évolution de la variation de volume des schistes carton	
<i>L.Y.G.Rakotonratsima, F.Masrouri & J.P.Tisot</i>	
Shear strength of an unsaturated sandy soil	189
Résistance au cisaillement d'un sol latéritique sableux non saturé	
<i>S.A.Röhm & O.M.Vilar</i>	
Shrinkage behaviour of compacted unsaturated soils	195
Rétraction de sols compactés non saturés	
<i>T.G.Sitharam, P.V.Sivapullaiah & K.S.Subba Rao</i>	
Suction controlled oedometer tests on a compacted clay	201
Essais oedométriques à succion contrôlée sur une argile compactée	
<i>O.M.Vilar</i>	
First results of suction controlled oedometer tests in highly expansive montmorillonite	207
Premiers résultats d'essais oedométriques à succion contrôlée sur une montmorillonite fortement gonflante	
<i>M.V.Villar</i>	
On the relations of suction, moisture content, and soil structure in compacted clays	215
A propos des relations succion, teneur en eau et structure du sol dans les argiles compactées	
<i>A.W.L.Wan, M.N.Gray & J.Graham</i>	
Yielding of unsaturated compacted kaolin	223
Plastification d'un kaolin compacté non saturé	
<i>I.Zakaria, S.J.Wheeler & W.F.Anderson</i>	
2 Dams, embankments and slopes	
Barrages, remblais et pentes	
Effect of core compaction water content on the behaviour of earthdams	231
Effet de la teneur en eau de compactage sur le comportement d'un barrage en terre	
<i>E.E.Alonso, C.H.Delahaye, A.Lloret, A.Gens & F.Battle</i>	
Effect of rain infiltration on the stability of slopes	241
Effet de l'infiltration des eaux de pluie sur la stabilité des pentes	
<i>E.E.Alonso, A.Gens, C.Delahaye & A.Lloret</i>	
Pressions interstitielles de construction dans les barrages en terre	251
Construction pore pressures in earthdams	
<i>E.Alonso, D.Lautrin, D.Poulain, P.Brunel, H.Miller, P.Vigneau & M.Lino</i>	
Slope stability in partially saturated sandy soils	257
Stabilité des talus dans les sols sableux partiellement saturés	
<i>P.Bilz</i>	

Unsaturated elastoplastic model applied to homogeneous earthdam behaviour Modèle élastoplastique non saturé appliqué au comportement d'un barrage en terre homogène <i>S. Bonelli & D. Poulain</i>	265
Comparing calculated and monitored pore water pressures of five fill dams Comparaison des pressions interstitielles calculées et mesurées de cinq barrages en remblai <i>H. Fujii, M. Narita, K. Shimada, S. Nishimura, C.T. Cheng & E. Ofori</i>	273
Simulation of dams constructed with unsaturated fills during construction and water impounding Simulation des barrages construit en matériaux non saturés pendant la construction et la mise en eau <i>K.L.A. Ng & J.C. Small</i>	281
The effect of gas on measured pore pressures Effet de l'air sur les mesures de pression interstitielle <i>A.D.M. Penman</i>	287
Stability analysis of unsaturated slopes considering changes of matric suction Analyse de la stabilité des pentes non saturées en tenant compte de la variation de la succion matricielle <i>K. Shimada, H. Fujii, S. Nishimura & T. Morii</i>	293
Collapsible and swelling soils for zoned earth dams Sols effondrables et gonflants pour barrages en terre zonés <i>A. Soriano & F. Sánchez</i>	301
Slope stability during infiltration Stabilité de talus pendant une infiltration <i>S.E.J. Spierenburg, J.M. van Esch & B.A.N. Koehorst</i>	309
A study on stability analysis of shallow layer slope due to raining permeation Une étude sur l'analyse de stabilité de pente d'une couche superficielle due à la pluie <i>Y. Sun, M. Nishigaki & I. Kohno</i>	315
Evaluation of the Kremikovtzi tailings dam safety and the experience of its operation Evaluation de la sécurité du barrage de stériles miniers 'Kremikovtzy' et expérience déduite de son exploitation <i>D. Toshev & J. Totev</i>	321
Expansive soils and canals in Northern Hubei China Sols gonflants et canaux dans le Nord de la province Hubei Chine <i>Z. Wang, Z. Liu & J. Tao</i>	327
 3 Flow and mass transport, environmental analysis <i>Écoulement et transferts, aspects environnementaux</i>	
Hydraulic conductivity and diffusivity in vertical and horizontal inflow La conduction et la diffusion de l'eau lors d'une infiltration verticale et horizontale <i>I. Alimi-Ichola & O. Bentoumi</i>	335

Temperature-electrolyte effects on clay soil liners Les effets température-électrolyte pour couches argileuses imperméables <i>R.Almanza, R.Castañeda & G.Silva</i>	343
The mobile water content in an aggregated unsaturated soil La teneur en eau mobile d'un sol à agrégats partiellement saturés <i>R.A.Jaramillo, J.P.Gaudet, J.L.Thony, J.P.Vandervaere, M.Vauclin & B.E.Clothier</i>	349
Parameterisation and application of a model simulating water flow through unsaturated soil Paramétrage et application d'un modèle simulant l'écoulement d'eau à travers un sol non saturé <i>H.P.Cresswell & Z.Paydar</i>	355
Electro-kinetics, infiltration and unsaturated flow Electro-cinétique, infiltration et écoulement non saturé <i>M.de Wet</i>	361
Dynamics of imbibition in porous media Dynamiques d'imbition dans les milieux poreux <i>P.A.Grubert</i>	367
Effect of the moisture evaporative stages on the development of shrinkage cracks in soils Influence de paliers d'évaporation de l'eau sur le développement de fissures de rétraction dans les sols <i>M.K.Kayyal</i>	373
The use of material coordinates in fluid flow and contaminant transport in soils L'utilisation des coordonnées matérielles pour l'étude de l'écoulement d'un fluide et le transport de contaminant dans un sol <i>J.M.Kirby & D.E.Smiles</i>	381
Moisture tension relations in sand Relations teneur en eau-tension capillaire dans un sable <i>S.M.Leverson & R.A.Lohnes</i>	387
A study of the macro-dispersion phenomenon using a stochastic approach to water flow in unsaturated zone Etude du phénomène de macro-dispersion en utilisant une approche stochastique pour l'écoulement d'eau dans les zones non saturées <i>S.Maciejewski & H.Zaradny</i>	393
Integrated, full-scale model validation of unsaturated flow behavior Validation d'un modèle intégré, grandeur réelle d'écoulement en non saturé <i>K.B.Morris, M.M.Gribb & R.P.Ray</i>	399
Parameters for unsaturated flow modelling and their application to the prediction of shrink/swell movements Paramètres pour la modélisation d'un écoulement non saturé et application à la prédiction des mouvements de retrait-gonflement <i>B.G.Richards & J.A.Woodburn</i>	405

A conceptual model for transient settlements in waste fills Un modèle conceptuel pour l'évaluation des tassements transitoires dans les décharges <i>N.D.Soler, A.Maher, Y.S.Chae & A.Hamidi</i>	411
Unsaturated infiltration properties affected by soil air pressure Propriétés d'infiltration, en milieu non saturé, affectées par la pression de l'air du sol <i>Z.Wang & J.Feyen</i>	417
The prediction of evaporative fluxes from unsaturated soil surfaces Prédiction des flux d'évaporation des surfaces de sol non saturé <i>G.W.Wilson, S.L.Barbour & D.G.Fredlund</i>	423